

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Hiromi Nakanishi et al.                      Art Unit : Unknown  
Serial No. :    Examiner : Unknown  
Filed : September 18, 2003  
Title : OPTICAL RECEIVER AND METHOD OF PRODUCING THE OPTICAL  
RECEIVER

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT UNDER 35 USC §119

Applicants hereby confirm their claim of priority under 35 USC §119 from the Japanese  
Application No. 2002-300988 filed October 15, 2002

A certified copy of the application from which priority is claimed is submitted herewith.

Please apply any charges or credits to Deposit Account No. 06-1050.

Respectfully submitted,

Date: 9/18/03

Samuel Borodach  
Samuel Borodach  
Reg. No. 38,388

Fish & Richardson P.C.  
45 Rockefeller Plaza, Suite 2800  
New York, New York 10111  
Telephone: (212) 765-5070  
Facsimile: (212) 258-2291

30162135.doc

CERTIFICATE OF MAILING BY EXPRESS MAIL

Express Mail Label No. EU284282958US

September 18, 2003  
Date of Deposit

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年10月15日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-300988

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-300988 ]

出 願 人

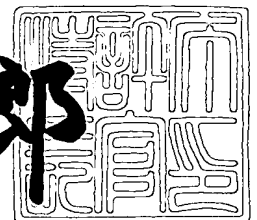
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

2003年 6月26日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3050527

【書類名】 特許願

【整理番号】 102H0565

【提出日】 平成14年10月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/42  
H01L 31/02

【発明者】

【住所又は居所】 大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社  
社大阪製作所内

【氏名】 中西 裕美

【発明者】

【住所又は居所】 大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社  
社大阪製作所内

【氏名】 工原 美樹

【発明者】

【住所又は居所】 大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社  
社大阪製作所内

【氏名】 山口 章

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製  
作所内

【氏名】 西江 光昭

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100100147

【弁理士】

【氏名又は名称】 山野 宏

【選任した代理人】

【識別番号】 100070851

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 秀實

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 056188

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9715686

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光受信器及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバからの入射光を受光する裏面入射形の受光素子と

前記受光素子が実装される基板と、

前記基板が実装される同軸型パッケージとを具え、

前記基板には、

入射光の光路を屈折させて受光素子に入射させる反射面を具えることを特徴とする光受信器。

【請求項 2】 更に、基板には、入射光の光路溝を具えることを特徴とする請求項1記載の光受信器。

【請求項 3】 光路溝は、エッチングにより形成されたことを特徴とする請求項2に記載の光受信器。

【請求項 4】 基板は、Si単結晶、ガラス、セラミックのいずれかにより形成されることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の光受信器。

【請求項 5】 受光素子は、その端面が入射光の光軸に対して非直交となるように基板上に実装されることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光受信器。

【請求項 6】 受光素子は、InGaAs系材料又はInGaAsP系材料から形成され、波長 $1\mu\text{m}$ 帯から $1.6\mu\text{m}$ 帯を受光層とすることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の光受信器。

【請求項 7】 一端に光ファイバを具えるピグテールタイプ又は一端に光コネクタとの接続部を有するレセプタクルタイプであることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の光受信器。

【請求項 8】 同軸型パッケージは、鉄、銅、銅-ニッケル合金、ステンレスのいずれかにて形成されたことを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の光受信器。

【請求項 9】 光路を屈折させて裏面入射形の受光素子に入射光を入射させ

る反射面を基板に形成する工程と、

入射光を受光する前記受光素子を前記基板に実装してサブモジュールを形成する工程と、

前記サブモジュールを同軸型パッケージに実装する工程と、

前記パッケージに具えるリードピンと前記受光素子とをワイヤにて接続する工程とを具えることを特徴とする光受信器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信に用いる光受信器及びその製造方法に関するものである。特に、高感度で高速対応に適し、製造性に優れる光受信器及びその製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

図7は、従来の光受信器の縦断面構造を示し、(A)は、正面断面図、(B)は、(A)の切断B-Bにおける側面断面図である。図7に示す光受信器100は、一般に、CANタイプパッケージと呼ばれる同軸型パッケージを用いたビッグテールタイプと称されるもので、以下のようにして形成される。まず、パッケージ103上にサブマウント102を固定した後、受光素子であるフォトダイオード(PD)101をサブマウント102に半田付けして固定する。パッケージ103には、電源供給や電気信号の取り出しを行うリードピン104が複数貫通されており、リードピン104とPD101間、リードピン104とサブマウント102間をそれぞれワイヤ105で接続する。そして、このサブマウント102を覆うように頂上部に集光レンズ106を具えるキャップ107を被せ、レンズ106の上方に光ファイバ108を固定し、カバー(図7において光ファイバ108とパッケージ103とをつなぐ破線で示す)で覆って完成する。この光受信器100においてPD101は、集光レンズ106を介して光ファイバ108からの入射光を受光する。

【 0 0 0 3 】

上記のようなCANパッケージを用いる光受信器では、通常、上面入射形の受光

素子が用いられる。上面入射形の受光素子は、例えば、以下のように形成される。図8は、上面入射形の受光素子を模式的に示す断面図である。まず、n型InP基板110の上に、n型InGaAsからなる受光層111をエピタキシャル成長させ、この受光層111の中央部にZnを拡散させてp型の拡散層112を形成し、p-n接合を得る。受光層111の上には、p-n接合を保護するようにSiNx層113を形成する。次に、裏面(図8において基板110の下面)にn型電極114、拡散層112上にp型電極115を形成して、上面入射形の受光素子が得られる。そして、SiNx層113の一部を覆うように、かつp型電極115と電氣的に接続されるようにボンディングパッド116を形成し、ワイヤ105のスペースを確保する。このような上面入射形の受光素子は、通常、図8に示すように拡散層112が露出されている上面側から光を受光する。

## 【 0 0 0 4 】

一方、従来、裏面入射形の受光素子を用いた光モジュールが知られている(例えば、特許文献1参照)。図9は、裏面入射形の受光素子を模式的に示す断面図である。裏面入射形の受光素子は、例えば、以下のようにして得られる。まず、上記上面入射形の受光素子と同様にn型InP基板120の上に、n型InGaAsからなる受光層121をエピタキシャル成長させ、この受光層121の中央部にZnを拡散させてp型の拡散層122を形成し、p-n接合を得る。受光層121の上には、p-n接合を保護するようにSiNx層123を形成する。次に、裏面(図9において基板120の下面)に光を入射できるように適当な開口部を設けて基板120の一部が露出するようにn型電極124を形成すると共に、拡散層122を覆うようにp型電極125を形成して、裏面入射形の受光素子が得られる。このような裏面入射形の受光素子は、通常、図9に示すように基板120が露出されている裏面側から光を受光する。また、裏面入射形の受光素子では、図9に示すようにp型電極125上に金などのメッキ(図示せず)を行い、ワイヤ105を直接ボンディングする。

## 【 0 0 0 5 】

## 【特許文献1】

特開平7-199006号公報(図3、4、8参照)

## 【 0 0 0 6 】

## 【発明が解決しようとする課題】

近年、光通信システムが広く普及しつつある状況で、光受信器もより低コストで、かつより短時間で量産できるようにすることが望まれている。また、伝送容量の増大も望まれており、従来156Mbpsや622Mbps程度であったものが、1Gbps、2.5Gbps或いはそれ以上といった高速大容量伝送が要求されるようになってきている。

## 【 0 0 0 7 】

上記CANパッケージタイプの光受信器では、従来、受光層を入射光に対向させて光軸にほぼ直交するように実装させることが簡単にできる上面入射形の受光素子が用いられている。しかし、上面入射形の受光素子では、同軸型パッケージへの実装が容易であるが、応答速度がせいぜい1Gbps程度であり、より高速大容量伝送に用いるには、限界がある。

## 【 0 0 0 8 】

一方、高速対応に適した受光素子として、裏面入射形のものが知られている。しかし、同軸型パッケージに裏面入射形の受光素子を実装する場合、入射光を透過させるために基板に切り欠きなどを設けなければならない。ところが、一般に基板には、切り欠きなどを形成しにくく、製造性が悪いという問題がある。

## 【 0 0 0 9 】

他方、特許文献1では、同軸型パッケージを用いた光受信器について何ら検討されていない。

## 【 0 0 1 0 】

ここで、同軸型パッケージ、特に、金属製の同軸型パッケージは、溶接によりほぼ完璧に気密シールができる、放熱性に優れる、外部からの電磁ノイズの遮断性が高い、という優れた特性を有する。かつ、従来、汎用されているパッケージであって大量生産されており、経済性にも優れる。そこで、本発明の主目的は、同軸型パッケージを用いて、高速応答に最適で、製造性に優れる光受信器及びその製造方法を提供することにある。

## 【 0 0 1 1 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、裏面入射形の受光素子を用い、入射光を屈折させる反射面を基板に



設けることで上記目的を達成する。

【 0 0 1 2 】

即ち、本発明光受信器は、光ファイバからの入射光を受光する裏面入射形の受光素子と、前記受光素子が実装される基板と、前記基板が実装される同軸型パッケージとを具える。そして、前記基板には、入射光の光路を屈折させて受光素子に入射させる反射面を具える。

【 0 0 1 3 】

このような光受信器は、以下の工程により製造することが好ましい。

- (1) 光路を屈折させて裏面入射形の受光素子に入射光を入射させる反射面を基板に形成する工程。
- (2) 入射光を受光する前記受光素子を前記基板に実装してサブモジュールを形成する工程。
- (3) サブモジュールを同軸型パッケージに実装する工程。
- (4) パッケージに具えるリードピンと前記受光素子とをワイヤにて接続する工程。

【 0 0 1 4 】

従来、パッケージの中心軸が光軸と同軸となる同軸型パッケージを用いた光受信器では、パッケージの中心に実装することで、入射光を容易に受光層に入射することができるため、上面入射形の受光素子がよく用いられている。しかし、上面入射形の受光素子を用いた光受信器は、裏面入射形の受光素子を用いた場合と比較して、より高速な応答ができず、また、製造性も劣る。

【 0 0 1 5 】

受光素子の応答速度は、一般に、負荷抵抗 $R$ と接合容量 $C_j$ の積で決められ、これらの積が大きいほど、応答速度が小さくなる。また、接合容量 $C_j$ は、接合面積、即ち、 $p$ - $n$ 接合径に比例する。これらのことから、上面入射形の受光素子の $p$ - $n$ 接合径と、裏面入射形の受光素子の $p$ - $n$ 接合径とが等しいとすると、同じ応答速度でありながら、裏面入射形の受光素子の方が有効受光面を格段に大きくすることができる(図8、図9比較参照)。従って、裏面入射形の受光素子を用いた場合、複雑な光学系にて光ファイバからの入射光を厳密に集光しなくてもよく、集光に

おける設計の許容範囲が広い。また、裏面入射形の受光素子を用いた場合、受光素子と光ファイバとの相対的な位置関係のずれに対する許容範囲も広いことから、受光素子を比較的ラフに実装することができる。これらのことから、裏面入射形の受光素子を用いた場合、光ファイバの調芯の必要がほとんどなく、実装時間を短縮することができ、より製造性に優れる。

## 【 0 0 1 6 】

一方、上面入射形の受光素子と裏面入射形の受光素子において、有効受光面の大きさを同じくした場合、上面入射形の受光素子のp-n接合径を裏面入射形の受光素子のp-n接合径よりも大幅に広げなければならない(図10(A)、(B)比較参照)。p-n接合径が大きくなることから、上面入射形の受光素子の方が接合容量Cjが大きくなるため、応答速度が遅くなり、より高速な対応に適さなくなる。

## 【 0 0 1 7 】

また、上面入射形の受光素子では、図8に示すようにSiNx層113の一部を覆うようにボンディングパッド116を形成し、その上にワイヤ105を接合する。このとき、ワイヤ105の接合部105aは、通常、つぶされて広がり、拡散層112の一部を覆うことがある。従って、上面入射形の受光素子では、有効受光面がますます小さくなるため、より厳密な集光が求められて生産性が悪くなる。

## 【 0 0 1 8 】

他方、同軸型パッケージにおいて裏面入射形の受光素子を用いる場合、基板に切り欠きなどを設けて受光素子を実装することが考えられるが、切り欠きの形成が困難であることから、従来は、裏面入射形の受光素子を同軸型パッケージに実装することが検討されていなかった。

## 【 0 0 1 9 】

そこで、本発明では、より高速応答が可能で、実装位置の許容範囲が広く、比較的簡易な構成の光学系を利用することができる裏面入射形の受光素子を用いると共に、同軸型パッケージへの実装を可能にするべく、入射光の光路を屈折させる反射面を基板に設けることを規定する。以下、本発明をより詳しく説明する。

## 【 0 0 2 0 】

本発明において受光素子は、例えば、フォトダイオード(PD)やアバラシェフオ

トダイオード(APD)などの半導体受光素子が挙げられる。また、波長 $1\mu\text{m}$ 帯から $1.6\mu\text{m}$ 帯といった長波長帯域を受光層とする場合、InGaAs系材料又はInGaAsP系材料で形成された受光素子が高感度で好ましい。その他、上記波長帯域を受光層とする場合、Geなどの材料で形成された受光素子でもよい。上記よりも短波長帯域を受光層とする場合、Siなどの材料で形成された受光素子でもよい。受光素子のサイズは、例えば、InGaAs系材料からなる受光素子の場合、幅 $0.5\sim 0.7\text{mm}$ ×長さ $0.5\sim 0.7\text{mm}$ ×厚み $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 程度が挙げられる。また、本発明では、特に、裏面入射形の受光素子を用いる。裏面入射形の受光素子は、通常、受光部が円形であるため受光し易く、上記のように実装の際のトレランス(実装位置ずれに対する耐性)に優れている。また、受光部の大きさをボンディングパッドの大きさまで小さくできるため、p-n接合面積が小さく、接合容量Cjを小さくできる。これらのことから、裏面入射形の受光素子は、1Gbps以上の高速作動が可能であり、高速応答に最適である。

#### 【 0 0 2 1 】

上記受光素子は、後述する基板に実装する。基板への実装は、PbSn半田やAuSn半田による半田付けが挙げられる。半田付けは、瞬時に行うことができるように自動ダイ(半導体チップ)ボンダなどの自動半田付け装置を用いることが好ましい。自動ダイボンダには、実装用パターンの位置及び半導体チップ吸着コレットに吸着されたチップの形状をパターン認識させておくと、位置精度よく受光素子を実装することができて好ましい。

#### 【 0 0 2 2 】

受光素子が実装される基板(サブマウント)は、Si単結晶、ガラス、又はAlN、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )などのセラミックで形成されたものが好ましい。特に、Si単結晶は、フォトリソグラフィの技術で精度よく加工できて好ましい。ガラスは、透光性を有すると共に、比較的安価であるため経済性がよく好ましい。また、セラミックは、機械加工が自由にできて好ましい。その他、エポキシ樹脂や液晶ポリマーなどの樹脂で形成されたものでもよい。基板のサイズは、上記受光素子が搭載できる大きさがあればよく、例えば、幅 $0.5\sim 1.25\text{mm}$ ×長さ $1.0\sim 3.0\text{mm}$ ×厚さ $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 程度が挙げられる。基板には、受光素子を実装できるように、予め

実装用パターンを形成しておくことが好ましい。

【 0 0 2 3 】

本発明では、上記基板に、入射光の光路を屈折させて受光素子に入射させる反射面を設ける。同軸型パッケージにおいて、裏面入射形の受光素子を実装するために、本発明者らが種々検討した結果、基板に反射面を設けて入射光の光路を屈折させると、基板に切り欠きなどを設けることなく受光素子への入射を可能にするとの知見を得た。そこで、本発明では、入射光の光路を屈折させる反射面を基板に設ける。反射面は、例えば、基板に傾斜面を設け、その傾斜面に金(Au)などの金属をメッキして形成してもよい。また、反射面は、少なくとも一つあればよく、受光素子の受光層に入射光の入射が可能であれば、複数設けてもよい。

【 0 0 2 4 】

また、入射光をより確実に反射面に導入するために、基板に光路溝を設けることが好ましい。このとき、光路溝を形成する少なくとも一面を反射面としてもよい。光路溝は、例えば、エッチングにより形成する方法が挙げられる。具体的には、いわゆるフォトエッチングの手法を用いて形成する方法が挙げられる。より具体的には、基板に絶縁層としてSiO<sub>2</sub>膜などの酸化膜をプラズマCVD法などの化学蒸着法(CVD)で形成し、この被覆膜の一部及び基板の一部をケミカルエッチングなどにより除去して、基板に光路溝を形成する。このとき、反射面とする面だけでなく、光路溝の各面にAuメッキなどの金属メッキを施すと、反射効率が向上して出力電流の増大が図れて好ましい。

【 0 0 2 5 】

なお、上記被覆膜及び光路溝、反射面が形成された基板には、受光素子の位置合わせマークを兼ねる実装用パターンを形成する。実装用パターンの形成は、例えば、Au-Snなどをメッキすることなどが挙げられる。上記光路溝、反射面及び実装用パターンは、材料基板の全面に亘って繰り返し形成し、その後個々に切り出すことで反射面、光路溝、実装用パターンを具える基板を得ることができる。

【 0 0 2 6 】

基板に対して受光素子の配置は、光ファイバからの入射光の光軸に対して受光

素子の端面(入射光と対向する面)がほぼ直交するように行ってもよい。この配置の場合、入射光が受光素子の端面で反射されて光ファイバ側に戻り、送信側の発光素子の動作を不安定にすることがある。そこで、受光素子は、その端面の垂線が入射光の光軸に対して非直交となるように、即ち傾きをもって基板上に実装されることが好ましい。具体的には、受光素子の端面の垂線が光軸に対して4〜8°程度傾いていることが好ましい。

## 【 0 0 2 7 】

本発明では、上記反射面を設けた基板に受光素子を実装したサブモジュールを実装するパッケージとして、同軸型パッケージを用いる。同軸型パッケージとは、パッケージの中心軸が入射光と同軸のものである。一般に市販されているCANタイプパッケージと呼ばれるものを利用してよい。パッケージ材料には、鉄(Fe)、銅(Cu)、銅-ニッケル合金(Cu-Ni)、ステンレスや、Fe-Co-Niなどの鉄合金、その他の金属が好ましい。金属製の同軸型パッケージは、強固でハーメチックシール(完全密閉)ができるため長期安定性に優れると共に、放熱性が高く、外部からの電磁ノイズを遮断する機能も有している。また、一般に、比較的廉価でありコストを低減することができる。サブモジュールのパッケージへの実装は、パッケージにサブモジュール実装用のグランドやポールを必要に応じて設けておき、AuSn半田、AuPb半田やSnPb半田による半田付けすることが挙げられる。半田付けは、自動ダイボンダにより行ってもよい。

## 【 0 0 2 8 】

本発明光受信器は、一端に光ファイバを具えるピッグテールタイプ又は一端に光コネクタとの接続部を有するレセプタクルタイプが挙げられる。いずれのタイプも、受光素子は、光ファイバと光学的に結合する。より具体的な構成は、前者は、頂上部に集光レンズを具えるキップを固定した同軸型パッケージを支持する金属製スリーブに、光ファイバを固定した円筒状の金属製ホルダーを装着させた構成が挙げられる。後者は、一端に光ファイバフェルールを具えるコネクタとの接続部を具え、他端にサブモジュールを実装した同軸型パッケージを具える構成が挙げられる。レセプタクルタイプは、光ファイバの取り回しが不要であるため、扱い易い。

## 【 0 0 2 9 】

本発明光受信器は、更に、受光素子からの電気信号を増幅する増幅素子を具える。増幅素子は、例えば、Si-ICやGaAs-ICなどのプリアンプICが挙げられる。増幅素子のサイズは、例えば、幅0.5mm～1.5mm×長さ0.5mm～1.5mm×厚み0.2mm～1mm程度が挙げられる。このような増幅素子は、導電性エポキシ樹脂などによるボンディングにて同軸型パッケージ上に直接実装してもよいし、同軸型パッケージを実装したボード(回路基板)に実装して、ワイヤにてパッケージと接続してもよい。前者の場合、増幅素子は、金(Au)やアルミニウム(Al)などの金属ワイヤにて、受光素子と直接接続する。

## 【 0 0 3 0 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を説明する。

## &lt;ピグテールタイプ&gt;

## (実施例1)

図1は、本発明光受信器を模式的に示すものであり、(A)は、光受信器全体を説明する縦断面図、(B)は、受光素子を基板に実装した状態を示す拡大断面図、(C)は、(A)においてレンズ付きキャップを除いた状態の正面図、(D)は、内部に入射光を透過させない基板に受光素子を実装した状態を示す拡大断面図である。本発明光受信器1は、光ファイバ10からの入射光を受光する裏面入射形のPD2と、PD2が実装される基板3Aと、基板3Aが実装される同軸型パッケージ4と、PD2からの電気信号を増幅するプリアンプIC5とを具える。特に、基板3Aには反射面3aを設けて、入射光Lの光路を屈折させてPD2に入射させる。

## 【 0 0 3 1 】

本発明光受信器1は、以下のように製造した。

## (1) 基板に反射面を形成する工程

本例において基板3Aは、ガラス製で、幅1.25mm×長さ2.0mm×厚さ0.5mmのものを用いた。本例において幅とは、図1(C)において上下方向の大きさ、長さとは、同(B)において上下方向の最大の大きさ、厚さとは、同左右方向の大きさであり、後述するPD2についても同様である。この基板3Aの一面を研磨して傾斜を設け

、この傾斜面にAuメッキを施して反射面3aを形成する。また、基板3Aには、反射面3aを形成した後、Au-Snで厚さ $3\mu\text{m}$ のメッキを施してPD2の実装用パターン(図示せず)を設ける。

#### 【 0 0 3 2 】

##### (2) サブモジュールを形成する工程

本例においてPD2は、図9に示すInGaAsP系材料で形成された波長 $1\mu\text{m}$ 帯から $1.6\mu\text{m}$ 帯を受光層とする裏面入射形の受光素子で、幅 $0.5\text{mm}$ ×長さ $0.5\text{mm}$ ×厚さ $0.2\text{mm}$ 、有効受光面の径 $r$ が $50\mu\text{m}$ のものをを用いた。上記実装用パターンを設けた基板3Aの上に、図1(B)に示すように受光部2a側の面と対向する面をパターンに接させてPD2を実装し、サブモジュール6Aを形成する。本例においてPD2は、自動ダイボンダによりAuSn半田で半田付けした。

#### 【 0 0 3 3 】

##### (3) パッケージへの実装工程

本例において同軸型パッケージ4は、Fe製で直径 $5.6\text{mm}$ のものをを用いた。パッケージ4には、上記サブモジュール6Aを実装させるグランド7を設けておく。また、パッケージ4には、電源供給や電気信号の取り出しを行うリードピン4aを必要数挿通させておく。リードピン4aは、必要に応じて3~6本といった形態が考えられる。本例では、4本とし、各リードピン4aの直径は $\phi 0.45\text{mm}$ とした。本例においてサブモジュール6Aは、PD2の受光層が光ファイバ10からの入射光Lの光軸とほぼ平行するように、即ち、基板3Aの反射面3aが光軸と対向するように実装した。サブモジュール6Aの実装は、自動ダイボンダによりAuSn半田で半田付けにより行った。このとき、PD2の受光部2aは、図1(A)において左側を向いた状態である。また、サブモジュール6Aの実装は、図1(A)に示す状態から $90^\circ$ 回転させてリードピン4aの軸方向が水平方向になるように配置して行くと、作業性がよい。

#### 【 0 0 3 4 】

更に、本例では、プリアンプIC5を導電性エポキシ樹脂によるボンディングにて上記同軸型パッケージ4上に実装する。本例ではプリアンプIC5として、幅 $0.8\text{mm}$ ×長さ $0.8\text{mm}$ ×厚さ $0.3\text{mm}$ のSi-ICを用いた。なお、幅とは、図1(C)において上下方向の大きさ、長さとは、同左右方向の大きさ、厚さとは、図1(A)において上下

方向の大きさである。

【 0 0 3 5 】

(4) ワイヤによる接続工程

次に、PD2と実装したプリアンプIC5間、PD2とリードピン4a間、プリアンプIC5とリードピン4a間、サブモジュール6Aとグランド7間をそれぞれ直径30 $\mu$ mのAuワイヤ8で接続する。接続は、自動ワイヤボンダにより連続的に行った。また、ワイヤの接続は、上記(3)と同様に図1(A)においてリードピン4aの軸方向が水平方向になるように配置して行くと、作業性がよい。なお、図1では、全てのワイヤを記載していない。

【 0 0 3 6 】

(5) サブモジュール6A及びプリアンプIC5を実装したパッケージ4に対し、頂上部に集光レンズ11を具えるキャップ12を被せ、電気溶接によりパッケージ4にキャップ12を固定する。このとき、図1(A)に示すようにリードピン4aの軸方向が垂直方向となるように配置して行くと作業性がよい。次に、キャップ12を固定したパッケージ4を金属製スリーブ(図示せず)に取り付け、光ファイバ10を固定した円筒状の金属製ホルダー13をスリーブの上方に挿入する。そして、光ファイバ10から入射光Lを基板3Aに入れ、反射面3aで反射させてPD2の受光部2aに入射して、最適な出力となるところでホルダー13をスリーブに固定する。最後に、ホルダー13にカバー14を挿通させてピッグテールタイプの本発明光受信器1が完成する。

【 0 0 3 7 】

この構成により、本例では、図1(A)に示すように基板3Aの内部に入射光Lが透過して上記反射面3aに当たり、反射面3aで光路を屈折させて、基板3Aに実装されたPD2の受光部2aに入射光Lを入射させることができる。

【 0 0 3 8 】

本発明光受信器は、上記のように裏面入射形の受光素子を用いることで、1Gbps以上の高速動作が可能であり、より高速応答に適したものを提供することができる。特に、基板に入射光の反射面を設けることで光路を屈折させることができるため、同軸型パッケージであっても、効率よく製造することができる。

【 0 0 3 9 】



上記実施例1では、基板3Aの内部に入射光を透過させるものを説明したが、入射光を透過させない基板3A'、例えば、Si単結晶からなる基板を用いてもよい。このとき、図1(D)に示すように反射面3aが入射光Lに接するように反射面3aを図1(D)において上方に向けてサブモジュール6A'をパッケージ4に実装するとよい。

## 【 0 0 4 0 】

## (実施例2)

上記実施例1では、基板に反射面のみ具えるものを説明したが、反射面により確実に入射光を導入するためには、基板に光路溝をも具えることが好ましい。そこで、基板に反射面に加えて光路溝を具える例を説明する。図2は、光路溝を具える本発明光受信器を模式的に示すものであり、(A)は、光受信器全体を説明する縦断面図、(B)は、受光素子を基板に実装した状態を示す拡大断面図、(C)は、(A)においてレンズ付きキャップを除いた状態の正面図である。本発明光受信器20は、基本的構成は実施例1と同様であり、異なる点は、基板3Bに光路溝3bを具える点である。以下、この点を中心に説明する。

## 【 0 0 4 1 】

本例では、以下のようにして基板3Bに反射面3a及び光路溝3bを形成した。Si({100}面)からなる材料基板上に絶縁層として厚さ $1\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 膜(図示せず)をプラズマCVD法にて形成する。次に、 $\text{SiO}_2$ 層の一部及び材料基板をケミカルエッチングにより除去して、光ファイバ10からの入射光LをPD2に導くための光路溝3bを形成する。本例において光路溝3bは、幅 $200\mu\text{m}$ 、最大の長さ $500\mu\text{m}$ 、深さ $100\mu\text{m}$ とした。なお、幅とは、図2(C)において上下方向の大きさ、最大の長さとは、図2(B)において上下方向の最大の大きさ、深さとは、同左右方向の大きさである。また、本例では、光路溝3bの各面({111}面)にAuメッキを施し、一面を反射面3aとした。

## 【 0 0 4 2 】

上記反射面3a及び光路溝3bを設けた材料基板に上記実施例1と同様に実装用パターンを形成した後切り出して基板3Bを得る。この基板3B上にPD2を実装してサブモジュール6Bを得る。本例においてサブモジュール6Bは、実施例1と同様にPD2の受光部2a側の面と対向する面を実装用パターンに接させて、PD2が光路溝3bの

一部を覆うように基板3B上に実装した。基板3Bの大きさは、幅 $500\mu\text{m}$ 、長さ $1000\mu\text{m}$ 、厚さ $1000\mu\text{m}$ とした。なお、本例において幅とは、図2(C)において上下方向の大きさ、長さとは、同(B)において上下方向の大きさ、厚さとは、同左右方向の大きさである。以下、実施例1で説明した製造工程と同様である。

## 【 0 0 4 3 】

この構成により、本例では、図2(A)に示すように基板3Bの光路溝3bに入射光Lが導入されて反射面3aに当たり、反射面3aで光路を屈折させて、基板3Bに実装されたPD2の受光部2aに入射光Lを入射させることができる。

## 【 0 0 4 4 】

## (実施例3)

上記実施例2では、基板に反射面を一つ具えるものを説明したが、反射面は二つあってもよい。そこで、反射面を二つ具える例を説明する。図3は、反射面を二つ具える本発明光受信器を模式的に示すものであり、(A)は、光受信器全体を説明する縦断面図、(B)は、受光素子を基板に実装した状態を示す拡大断面図、(C)は、(A)においてレンズ付きキャップを除いた状態の正面図である。本発明光受信器30は、基本的構成は実施例2と同様であり、異なる点は、基板3Cに二つの反射面を具える点である。以下、この点を中心に説明する。

## 【 0 0 4 5 】

本例では、上記実施例2と同様にして基板3Cに光路溝3b'を形成した。即ち、Si( $\{100\}$ 面)からなる基板3C上に厚さ $1\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 膜(図示せず)をプラズマCVD法にて形成し、この $\text{SiO}_2$ 層の一部及び材料基板をケミカルエッチングにより除去して、光路溝3b'を形成する。本例において光路溝3b'は、幅 $200\mu\text{m}$ 、最大の長さ $500\mu\text{m}$ 、深さ $100\mu\text{m}$ とした。なお、幅とは、図3(C)において上下方向の大きさ、最大の長さとは、図3(B)において左右方向の最大の大きさ、深さとは、同上下方向の大きさである。また、本例では、光路溝3b'の各面( $\{111\}$ 面)にAuメッキを施し、対向する二面を反射面3aとした。

## 【 0 0 4 6 】

上記反射面3a及び光路溝3b'を設けた材料基板に上記実施例2と同様に実装用パターンを形成した後切り出して基板3Cを得る。この基板3C上にPD2を実装してサ

ブモジュール6Cを得る。本例においてサブモジュール6Cは、実施例2と同様にPD2の受光部2a側の面と対向する面を実装用パターンに接させて、PD2が光路溝3b'の一部を覆うように基板3C上に実装した。基板3Cの大きさは、幅500 $\mu$ m、長さ1000 $\mu$ m、厚さ1000 $\mu$ mとした。なお、本例において幅とは、図3(C)において上下方向の大きさ、長さとは、同(B)左右方向の大きさ、厚さとは、図3(B)において上下方向の大きさである。

## 【 0 0 4 7 】

本例において上記サブモジュール6Cは、同軸パッケージ4上にグランドを設けずパッケージ4上に直接配置し、自動ダイボンダによりAuSn半田で半田付けにより実装を行った。より具体的には、サブモジュール6Cは、PD2の受光層が光ファイバ10からの入射光Lの光軸とほぼ直交するように、即ち、基板3Cの反射面3aが光軸と対向するように実装した。このとき、PD2の受光部2aは、図3(A)において上側を向いた状態である。以下、実施例1で説明した製造工程と同様である。

## 【 0 0 4 8 】

この構成により、本例では、図3(A)に示すように基板3Cの一方の反射面3aにあたった入射光Lは、光路を屈折させて光路溝3b'に導入され、光路溝3b'を経てもう一方の反射面3aに当たり、この反射面3aで再び光路を屈折させて、PD2の受光部2aに入射させることができる。

## 【 0 0 4 9 】

## (実施例4)

上記の実施例1～3では、増幅素子を同軸型パッケージ上に直接実装したものを示したが、図4に示すように別途具えるボード上に実装してもよい。図4は、ピックアップ型の本発明光受信器において、ボードに実装した状態を示す説明図である。このような光受信器は、以下のようにして得ることができる。まず、ボード40上に配線パターン41を形成すると共に、同軸型パッケージ4に貫通する複数のリードピン4aを折り曲げておく。そして、リードピン4aと配線パターン41とを半田付けして光受信器1をボード40上に実装する。また、ボード40の後方にプリアンプIC5を配置して、プリアンプIC5と配線パターン41とをワイヤ42で接続する。

## 【 0 0 5 0 】

この構成により、光受信器1のPD2とプリアンプIC5とは、PD2とリードピン4aとを接続するワイヤ(図示せず)、リードピン4a、ワイヤ42、配線パターン41を介して接続される。なお、ボード40上には、プリアンプIC5の後方に電子回路部品(図示せず)を搭載してもよい。また、図4では、実施例1に示す基板3Aを例示しているが、図2及び3に示した基板3B、3Cを用いてももちろんよく、グランド7も適宜必要に応じて設けるとよい。

## 【 0 0 5 1 】

## (実施例5)

図5は、受光素子の端面を入射光の光軸に対して傾きをもって基板に実装した状態を示すサブモジュールの正面図である。図5に示すサブモジュール6Dは、実施例2で用いた基板3Bに対して、PD2の端面2b(入射光と対向する面)の垂線を入射光の光軸50に対して $\theta = 8^\circ$  傾斜させて実装している。この配置により、本発明光受信器は、入射光が端面2bで反射されても、光ファイバ10側に戻ることがなく、送信側の発光素子の動作を不安定にするという不具合をなくすることができる。このような実装は、実施例1や実施例2のようにPDの端面が入射光の光軸と対向するように配置される場合に適用するとよい。また、後述するレセプタクルタイプにおいても、このような実装が適用できる。

## 【 0 0 5 2 】

## &lt;レセプタクルタイプ&gt;

## (実施例6)

図6は、本発明光受信器においてレセプタクルタイプの例を示す縦断面図である。上記実施例1～5では、ビッグテールタイプの光受信器を説明したが、本発明光受信器は、レセプタクルタイプのものも適用できる。本発明光受信器60は、光ファイバフェルール71を具えるコネクタ70の接続部61を図6において上方に具え、サブモジュール6を実装した同軸型パッケージ4'を同下方に具える。接続部61は、光ファイバフェルール71が挿入される挿入孔62を有する。本例では、挿入孔62の端部(図6において下方側)には、光ファイバ63を具えるスタブ64を配置させている。同軸型パッケージ4'は、サブモジュール6を実装するポール9、電源供給や電気信号の取り出しを行うリードピン4aを具える。また、同軸型パッケージ4'

には、実施例1などと同様に頂上部に集光レンズ11を具えるキャップ12を被せている。なお、図6では、プリアンプICを省略しているが、同軸型パッケージ4'上に実装している。

#### 【0053】

このような光受信器も、上記実施例1などと同様に、より高速応答が可能であると共に、生産性に優れる。

#### 【0054】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明光受信器によれば、裏面入射形の受光素子を用いることで、より高速応答が可能であるという優れた効果を奏し得る。そのため、本発明光受信器は、1Gbps以上といった高速大容量伝送への適用が可能である。また、本発明光受信器は、上記受光素子を実装する基板に入射光の光路を屈折させる反射面を設けることで、基板に切り欠きなどを設ける必要がなく、同軸型パッケージに実装させることができる。かつ、裏面入射形の受光素子を用いることで、複雑な光学系を必要とせず、実装位置の許容範囲が広い。これらのことから、本発明光受信器は、生産性に優れ、より短時間で製造が可能であると推測される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明光受信器を模式的に示すものであり、(A)は、光受信器全体を説明する縦断面図、(B)は、受光素子を基板に実装した状態を示す拡大断面図、(C)は、(A)においてレンズ付きキャップを除いた状態の正面図、(D)は、内部に入射光を透過させない基板に受光素子を実装した状態を示す拡大断面図である。

#### 【図2】

光路溝を具える本発明光受信器を模式的に示すものであり、(A)は、光受信器全体を説明する縦断面図、(B)は、受光素子を基板に実装した状態を示す拡大断面図、(C)は、(A)においてレンズ付きキャップを除いた状態の正面図である。

#### 【図3】

反射面を二つ具える本発明光受信器を模式的に示すものあり、(A)は、光受信

器全体を説明する縦断面図、(B)は、受光素子を基板に実装した状態を示す拡大断面図、(C)は、(A)においてレンズ付きキャップを除いた状態の正面図である。

【図4】

ピグテール型の本発明光受信器において、ボードに実装した状態を示す説明図である。

【図5】

受光素子の端面を入射光の光軸に対して傾きをもって基板に実装した状態を示すサブモジュールの正面図である。

【図6】

本発明光受信器においてレセプタクルタイプの例を示す縦断面図である。

【図7】

従来の光受信器の縦断面構造を示し、(A)は、正面断面図、(B)は、(A)の切断B-Bにおける側面断面図である。

【図8】

上面入射形の受光素子を模式的に示す断面図である。

【図9】

裏面入射形の受光素子を模式的に示す断面図である。

【図10】

有効受光面の大きさを同じくした受光素子を模式的に示す断面図であり、(A)は、上面入射形の受光素子、(B)は、裏面入射形の受光素子である。

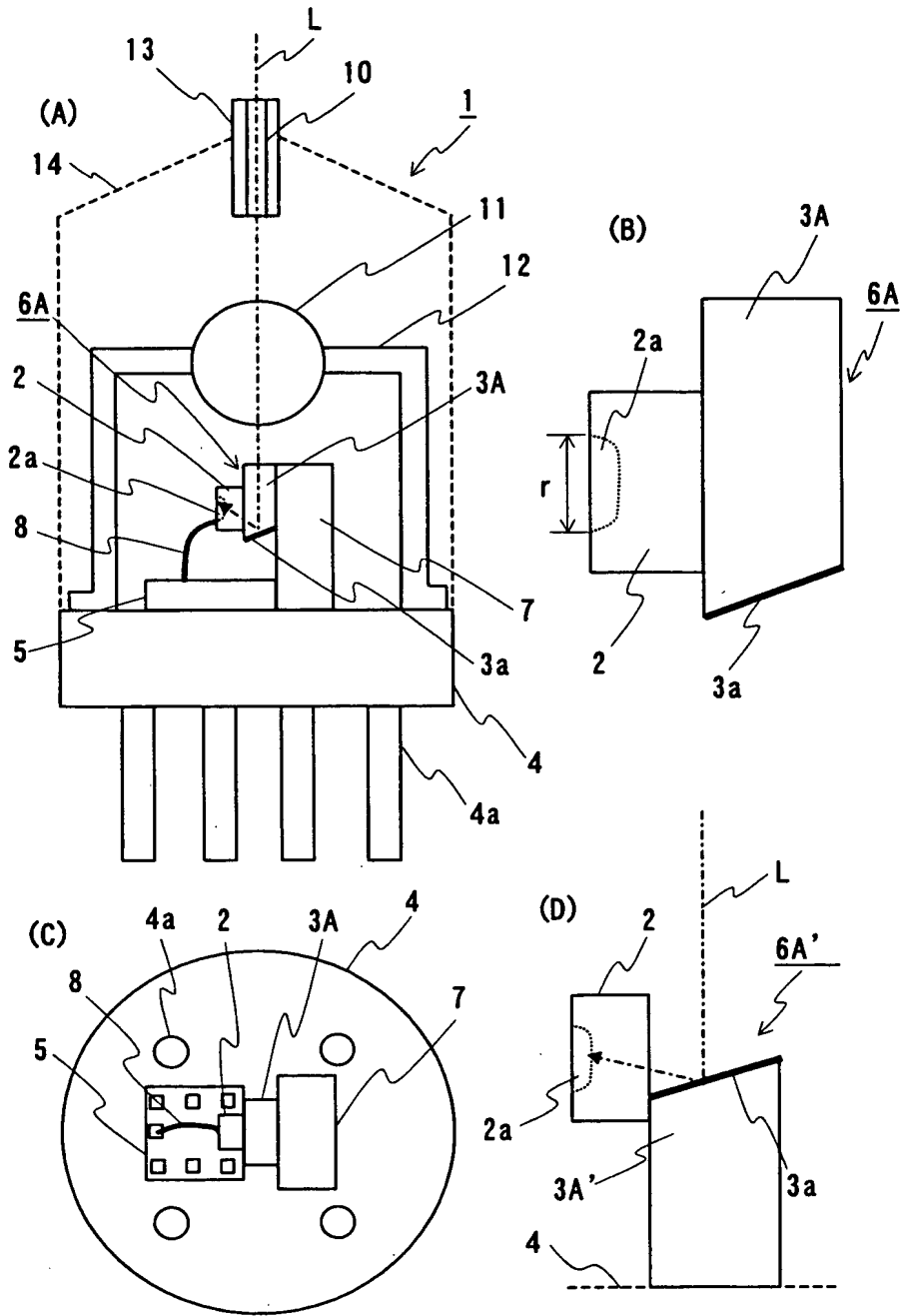
【符号の説明】

- 1、20、30、60 光受信器    2 PD    2a 受光部    2b 端面
- 3A、3A'、3B、3C 基板    3a 反射面    3b、3b' 光路溝
- 4、4' 同軸型パッケージ    4a リードピン    5 プリアンプIC
- 6、6A、6A'、6B、6C、6D サブモジュール    7 グランド    8 ワイヤ
- 9 ポール    10 光ファイバ    11 集光レンズ    12 キャップ    13 ホルダー
- 14 カバー
- 40 ボード    41 実装用パターン    42 ワイヤ
- 50 光軸

61 接続部 62 挿入孔 63 光ファイバ 64 スタブ  
70 コネクタ 71 光ファイバフェルール  
100 光受信器 101 PD 102 サブマウント 103 パッケージ  
104 リードピン 105 ワイヤ 105a 接合部 106 集光レンズ  
107 キャップ 108 光ファイバ  
110、120 n型InP基板 111、121 受光層 112、122 拡散層  
113、123 SiNx層 114、124 n型電極 115、125 p型電極  
116 ボンディングパッド

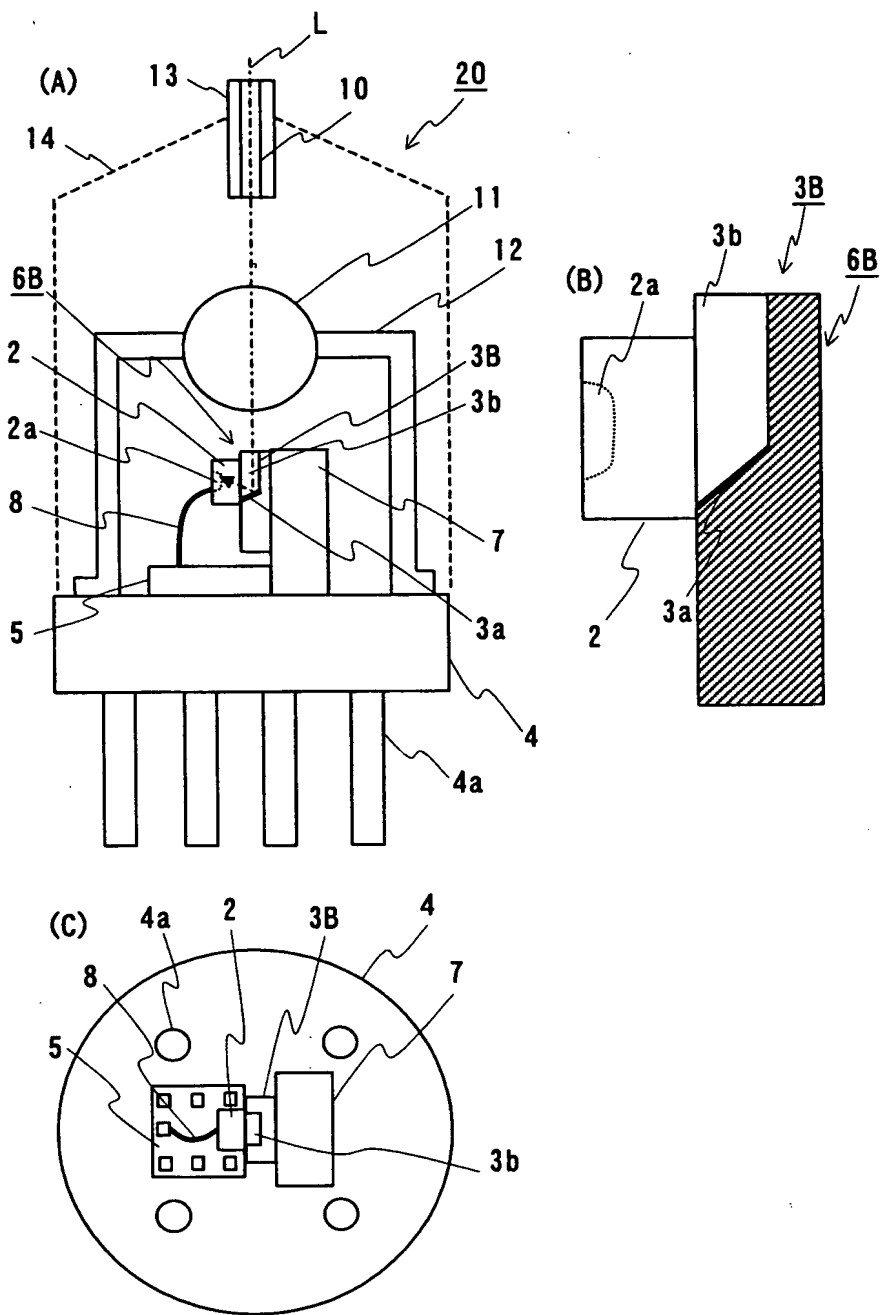
【書類名】 図面

【図 1】

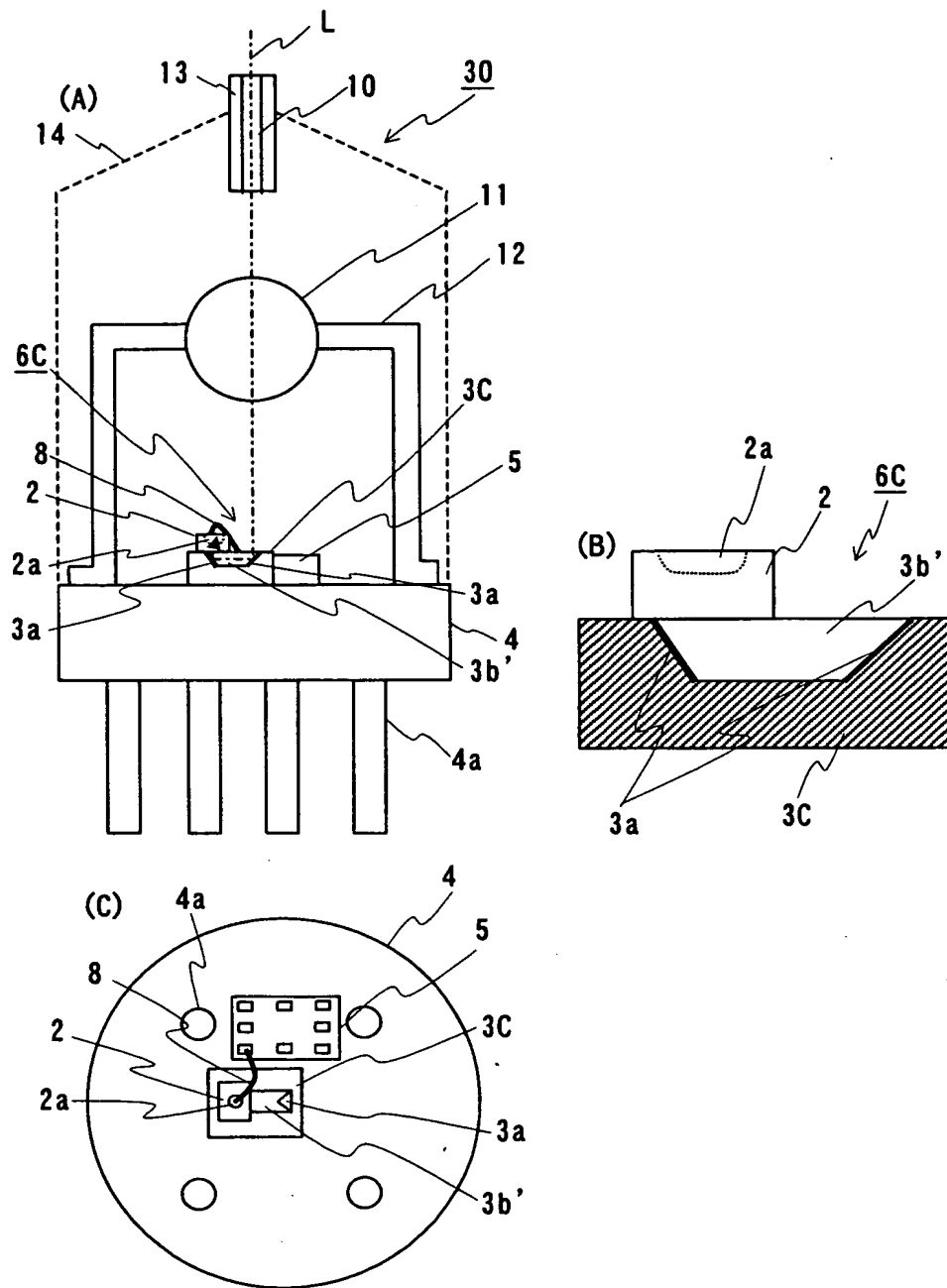




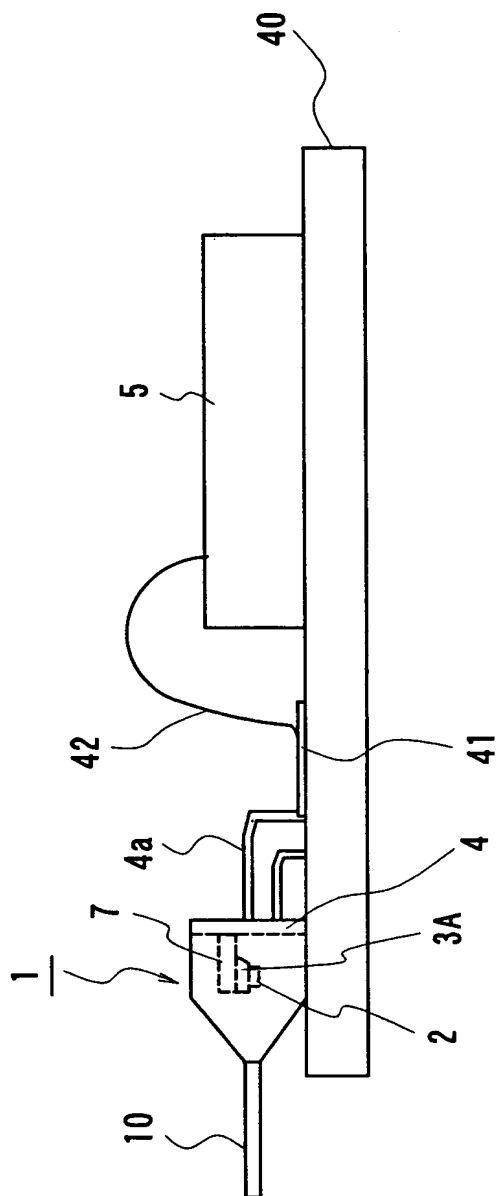
【図 2】



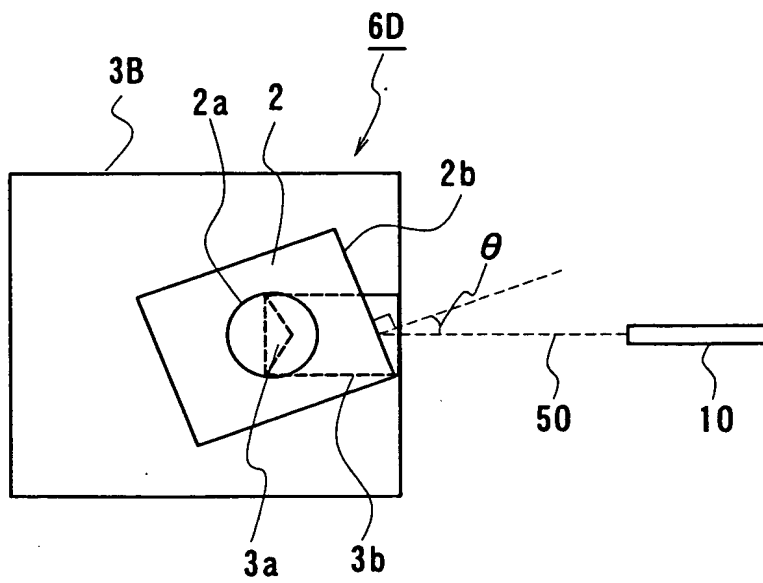
【図 3】



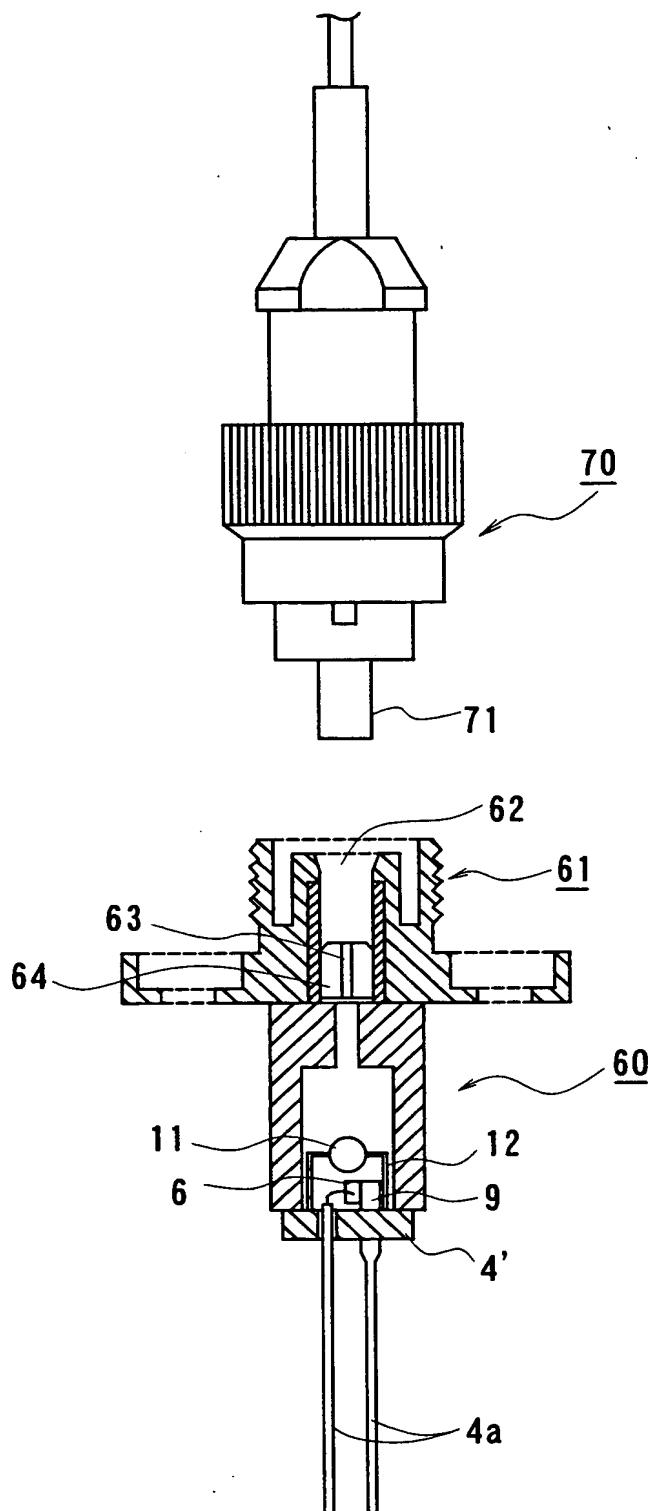
【図 4】



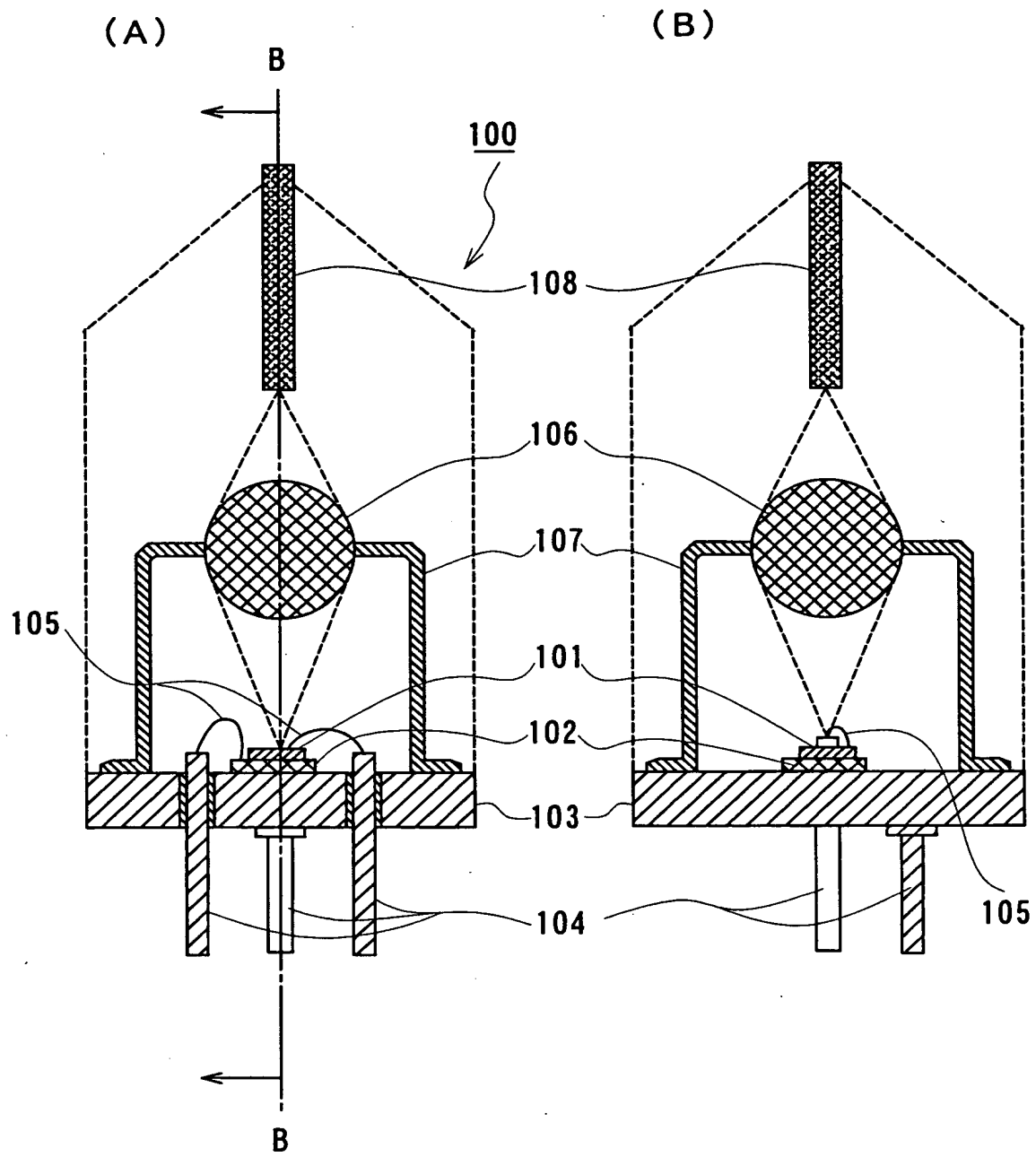
【図 5】



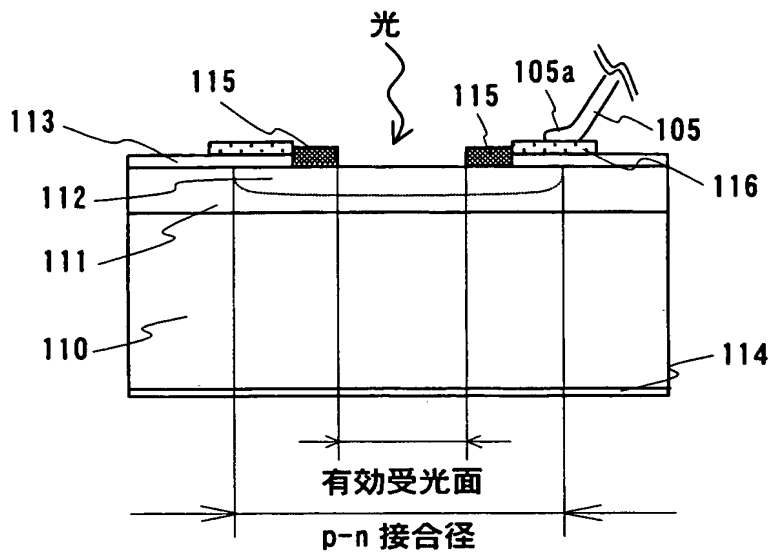
【図 6】



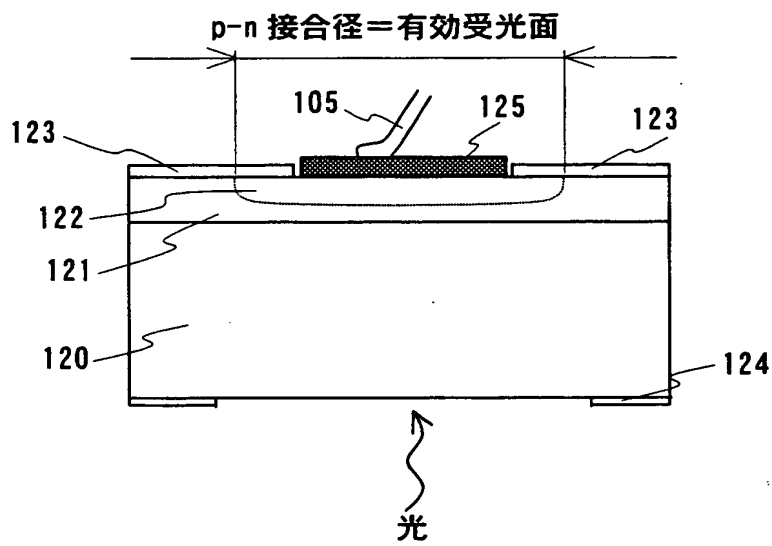
【図 7】



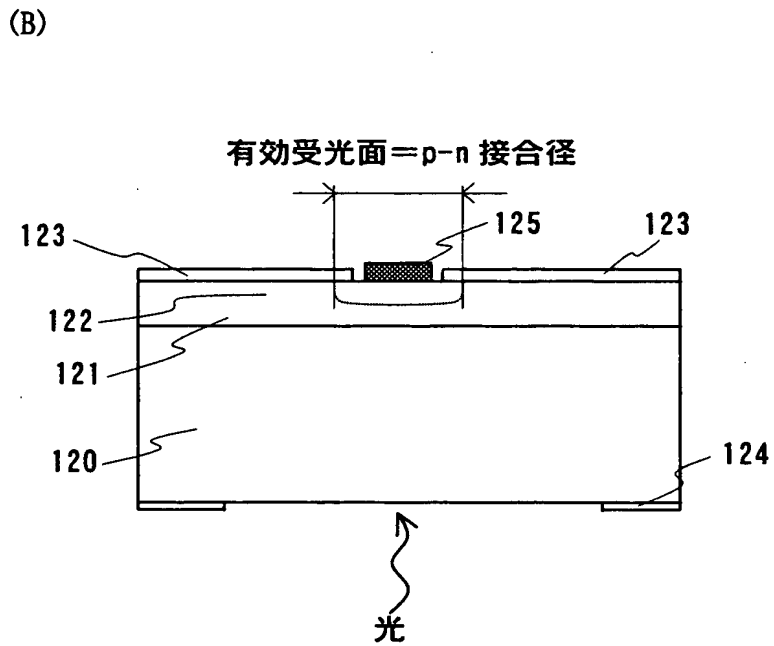
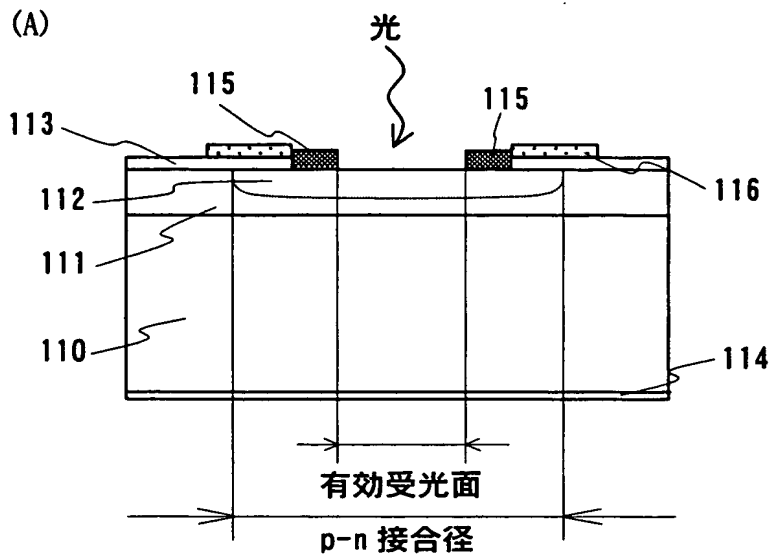
【図 8】



【図 9】



【図 10】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速応答に最適で、製造性に優れる光受信器を提供する。

【解決手段】 光ファイバ10からの入射光を受光する裏面入射形のPD2と、PD2が実装される基板3Aと、基板3Aが実装される同軸型パッケージ4と、PD2からの電気信号を増幅するプリアンプIC5とを具える。特に、基板3Aには反射面3aを設けて、入射光Lの光路を屈折させてPD2に入射させる。基板3Aの内部に入射光Lが透過して反射面3aに当たり、反射面3aで光路を屈折させて、基板3Aに実装されたPD2の受光部2aに入射光Lを入射させる。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏 名 住友電気工業株式会社